

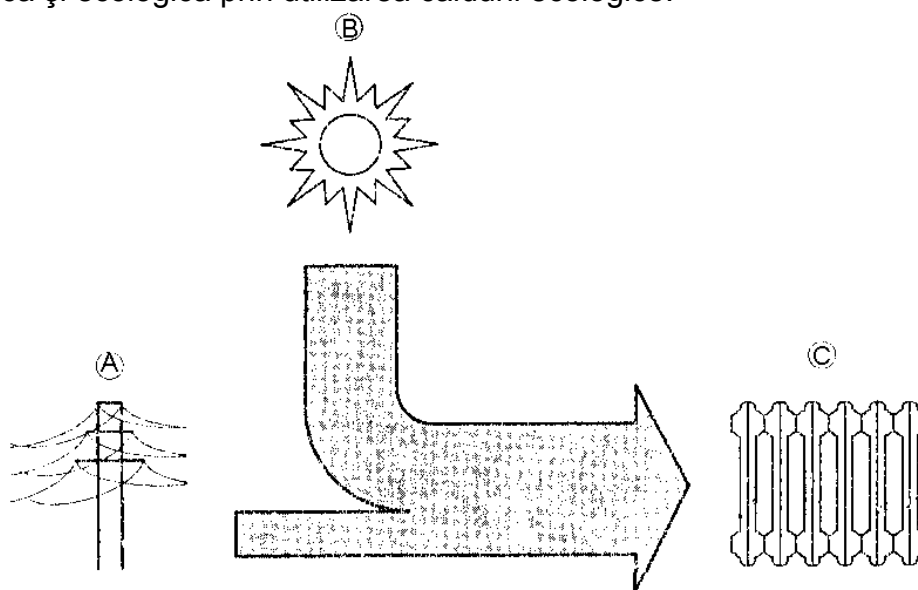
## POMPE DE CALDURA

Pompele electrice moderne de căldură, oferă posibilități tehnice efective pentru economisirea de energie și reducerea emisiilor de CO<sub>2</sub>. În cazul reducerii necesarului de căldură prin izolație termică îmbunătățită, pompa electrică de căldură (mai ales în clădirile noi) reprezintă o bună alternativă.

Adaptarea corectă a sursei de căldură și a sistemului de distribuție de căldură la regimul de funcționare al pompelor de căldură, conduce la funcționarea sigură și economică a instalațiilor de încălzire cu pompe de căldură.

Pompa de căldură oferă premisele tehnice necesare pentru încălzire și preparare de apă caldă menajeră. Pompa de căldură obține aproximativ trei sferturi din energia necesară pentru încălzire din mediul înconjurător, iar pentru restul, pompa de căldură utilizează ca energie de acționare curent electric.

Căldura ecologică – energia solară acumulată în sol, apă și aer – stă la dispoziție în cantități nelimitate. Pompa de căldură oferă posibilitatea pentru încălzire economică și ecologică prin utilizarea căldurii ecologice.

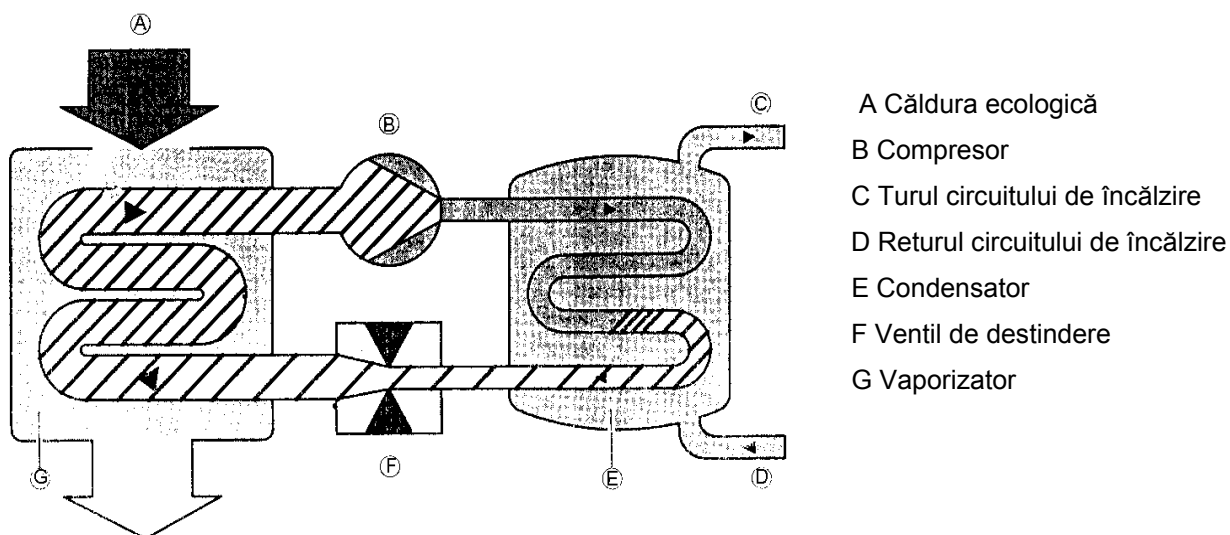


Principiul pompei de căldură

Modul de funcționare al pompei de căldură corespunde modului de funcționare al unui agregat frigorific, dar inversat.

În cazul agregatului frigorific, agentul de răcire scoate căldura cu ajutorul vaporizatorului, iar prin intermediul condensatorului aparatului, aceasta se transferă

în încăpere. În cazul pompei de căldură, căldura se atrage din mediul înconjurător (sol, apă, aer) și se conduce la sistemul de încălzire. Circuitul agregatului de răcire se realizează conform legilor fizice. Agentul de lucru, un lichid care atinge punctul de fierbere la temperatură redusă, se introduce într-un circuit și consecutiv, se evaporă, se comprimă, condensează și se destinde.



Circuitul pompelor de căldură

### Preluarea căldurii din mediul înconjurător

În vaporizator se află agent de lucru lichid la presiune redusă. Nivelul de temperatură al căldurii ecologice din vaporizator este mai ridicat decât domeniul de temperaturi de fierbere corespunzător presiunii agentului de lucru. Această diferență de temperatură conduce la o transmitere a căldurii ecologice asupra agentului de lucru, iar agentul de lucru fierbe și vaporizează. Căldura necesară se preia de la sursa de căldură.

### Creșterea temperaturii în compresor

Vaporii rezultați din agentul de lucru se aspiră continuu din vaporizator de către compresor și se comprimă. În timpul comprimării cresc presiunea și temperatura vaporilor.

### Transferul de căldură la instalația de încălzire

Vaporii agentului de lucru ajung din compresor în condensatorul care este înconjurat de agent termic.

Temperatura agentului termic este mai redusă decât temperatura de condensare a agentului de lucru, astfel încât vaporii se răcesc și se lichefiază (condensează) din nou.

Energia (căldura) preluată în vaporizator și suplimentar, energia electrică transferată prin comprimare, se eliberează în condensator prin condensare și se transferă agentului termic.

În continuare se recirculă agentul de lucru prin intermediul unui ventil de destindere în vaporizator. Agentul de lucru trece de la presiunea ridicată a condensatorului la presiunea redusă a vaporizatorului. La intrarea în vaporizator se ating din nou presiunea și temperatura inițială. Circuitul este închis.

Pentru o utilizare indicată a căldurii mediului ambiant sunt disponibile sursele de căldură sol, apă și aer.

Toate reprezintă un cumulator de energie solară, astfel încât cu aceste surse de energie se utilizează indirect energie solară.

Pentru utilizarea practică a acestor surse de energie trebuie respectate următoarele criterii:

- disponibilitate suficientă;
- capacitate cât mai mare de acumulare;
- nivel cât mai ridicat de temperatură;
- regenerare suficientă;
- captare economică;
- timp redus de așteptare.

Pentru determinarea efectelor tehnico-economice ale producerii căldurii în instalații cu pompe de căldură este necesară definirea unor indicatori energetici și economici pe baza cărora să se poată analiza soluția ce utilizează pompă de căldură în raport cu soluțiile clasice.

Performabilitatea sistemului de producere a căldurii cu astfel de aparate față de alte sisteme de încălzire se pune în evidență cu ajutorul indicatorului energetic adimensional  $\epsilon^{PC}$ , denumit **eficiența sau coeficientul de performanță al pompei de căldură**, definit în continuare.

**Coeficientul de performanță al pompei de căldură  $\epsilon^{PC}$ :**

$$\epsilon^{PC} = \frac{Q_u}{W},$$

in care  $Q_u$  este caldura utila furnizată de pompa de căldură, iar  $W$  energia consumata de instalatia ce pune in miscare compresorul (mecanica, electrica, cinetica sau termochimica).

### **Determinarea eficientei unei pompe de caldura cu comprimare mecanica actionata electric:**

$$\varepsilon^{PC} = \frac{T_c + \Delta t_c}{T_c + \Delta t_c - (T_r - \Delta t_r)} \eta_{real} \eta_i \eta_m \eta_e + \eta_m \eta_e (1 - \eta_i), \text{ unde:}$$

$$\eta_{real} = 1,666 - 0,004(T_r - \Delta t_r) - 0,00625(T_c + \Delta t_c)$$

$$\eta_i = \left( 0,425 + \frac{0,493 Q_{PC}}{1,16 Q_{PC} + 0,06} \right) \left( 3,23 - 1,835 \frac{T_c + \Delta t_c}{T_r - \Delta t_r} \right)$$

$$\eta_m = 0,85 + \frac{0,158 Q_{PC}}{1,16 Q_{PC} + 0,1513 \frac{T_c + \Delta t_c}{(T_c + \Delta t_c) - (T_r - \Delta t_r)}}$$

$$\eta_e = 0,85 + \frac{0,139 Q_{PC}}{1,335 Q_{PC} + 0,0904 \frac{T_c + \Delta t_c}{(T_c + \Delta t_c) - (T_r - \Delta t_r)}}$$

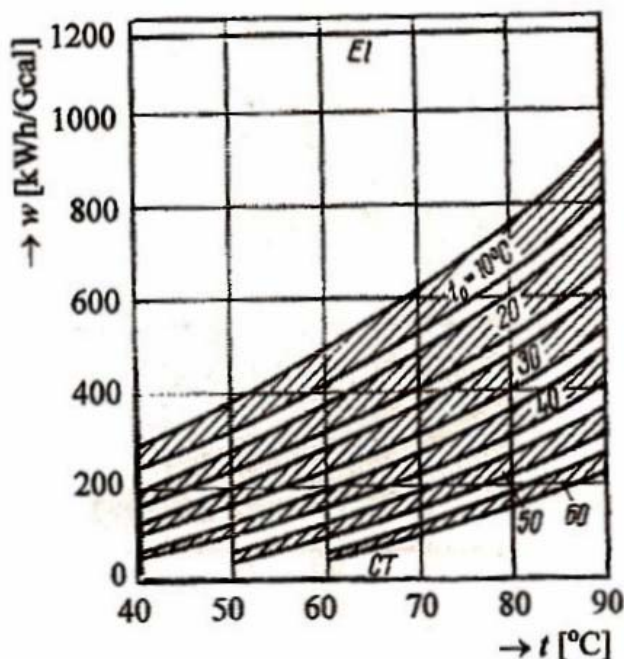
in care:

- $T_c$  si  $T_r$  sunt temperaturile absolute (K) ale sursei calde si reci;
- $\Delta t_c$  si  $\Delta t_r$  (K) – diferentele de temperatura dintre temperatura de condensare si temperatura sursei calde, respectiv, dintre temperatura sursei reci si temperatura de vaporizare;
- $\eta_{real}$  – randamentul ciclului frigorific real fata de un ciclu Carnot diferential;
- $\eta_i$ ,  $\eta_m$  – randamentul intern si randamentul mecanic al compresorului;
- $\eta_e$  – randamentul global al motorului electric;
- $Q_{PC}$  – puterea termica a pompei de caldura (kW);

**- consumul specific de energie electrica al pompei de caldura.  $w^{PC}$  in kW/GJ:**

$$w^{PC} = \frac{10^3}{3,6 \varepsilon_r^{PC}}$$

Acest consum este redat în figura de mai jos, împreună cu consumul altor instalații de referință, în funcție de temperatura sursei  $t_0$  și de temperatura la consumator  $t$ .



Consumul specific de energie pentru producerea caldurii

- **consumul specific echivalent de combustibil  $b^{PC}$  ( $\text{kg}_{\text{c.c.}}/\text{kWh}$ ) :**

$$b^{PC} = w^{PC} b_e^{SEN}$$

în care  $b_e^{SEN}$  este consumul specific de combustibil în SEN (Sistemul Energetic National) pentru producerea energiei electrice schimbate de instalație cu sistemul.

În figura de mai jos este redată variația consumului specific de combustibil (energie primară) pentru pompele de căldură și alte instalații producătoare de căldură.

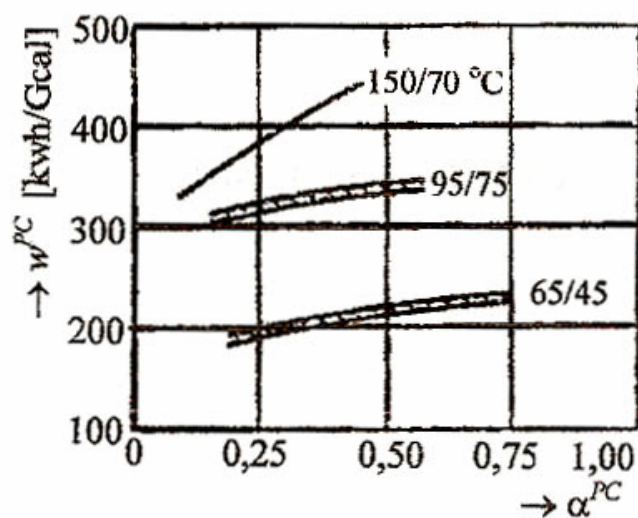
- **cota de participare a pompei de caldura la acoperirea necesarului de varf:**

$$\alpha^{PC} = \frac{Q_{PC}}{Q_{\max}}$$

poate fi optimizată din punct de vedere energetic și economic în funcție de temperatura sursei și de graficul de reglare utilizat. La prepararea apei calde de consum menajer (a.c.m.), în general pompa de caldura poate prelua integral necesarul orar de caldura, caz în care  $\alpha^{PC}=1$ .

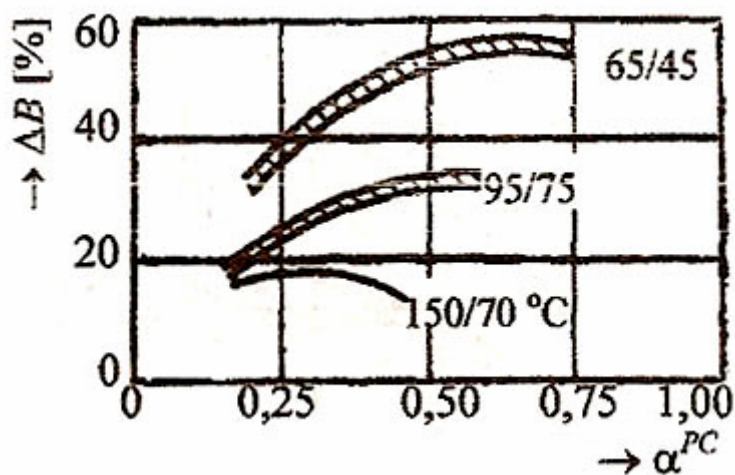
Valorile indicatorilor energetici pentru instalațiile cu pompe de căldură se determină ca valori medii, ținând seama de variația anuală a consumurilor de căldură, conform

curbelor clasate. În figura de mai jos sunt redade curbele de variație a consumurilor specifice de energie electrică medii anuale ale pompei de căldură în funcție de  $\alpha^{PC}$  și pentru diferite grafice de reglare (temperaturi tur/retur ale agentului termic).



*Variația consumului specific de energie electrica mediu anual*

Variația economiei anuale de combustibil,  $\Delta B$ , realizabilă prin utilizarea pompei de căldură, exprimată procentual în raport cu consumul anual total de combustibil dintr-o instalație clasică de referință, este prezentată în figura de mai jos.



*Variația economiei anuale de combustibil a pompelor de caldura in functie de  $\alpha^{PC}$*

**Instalațiile de pompe de căldură pentru producerea agentului termic, având ca sursă primară pânza freatică sau apele de răcire din industrie se pretează foarte bine la sistemele de joasă de temperatură, de genul celor de încălzire radiantă prin pardoseală !!**